

Inhalt

	Seite
Abbildungsverzeichnis	17
Tabellenverzeichnis	22
Abkürzungsverzeichnis	24
0 Kurzfassung für Entscheidungsträger	31
1 Einleitung	37
1.1 Fragestellung	37
1.2 Aufbau des Sondergutachtens	38
2 Nachhaltige Stromversorgung: Anforderungen und Bewertung der Technologieoptionen	39
2.1 Einleitung	39
2.2 Verfassungsrechtliche Grundlagen	39
2.2.1 Bedeutung und Bindungswirkung der Staatszielbestimmung des Artikels 20a Grundgesetz	39
2.2.2 Das Klima als Schutzgegenstand des Artikels 20a Grundgesetz ..	40
2.2.3 Zum verfassungsrechtlich gebotenen Schutzniveau im Klimaschutz	41
2.2.4 Einwirkungen durch korrespondierende europa- und völkerrechtliche Vorgaben	42
2.2.5 Schlussfolgerungen	43
2.3 Ziele und Kriterien	44
2.3.1 Nachhaltigkeitskriterien	44
2.3.2 Klimaschutzziele	46
2.3.3 Erhaltung der biologischen Vielfalt	47
2.3.4 Das energiepolitische Zieldreieck	48
2.4 Nachhaltigkeitsbewertung verschiedener Optionen der Energieerzeugung	48
2.4.1 Kohle	48
2.4.2 Kernenergie	51
2.4.3 Erneuerbare Energien	53
2.5 Gesamtbewertung	56
3 Ziel: Dauerhaft klimaverträgliche und nachhaltige Stromversorgung im Jahr 2050	59
3.1 Einleitung	59
3.2 Nationale und internationale Szenariostudien zur Entwicklung des Stromsektors bis 2050	59

	Seite
3.2.1 Einführung	59
3.2.2 Ergebnisse der Studien	63
3.2.2.1 Entwicklung der Stromnachfrage	63
3.2.2.2 Emissionen, Technologiepfade und Kosten in Europa	65
3.2.2.3 Emissionen, Technologiepfade und Kosten in Deutschland	66
3.2.2.4 Kosten	70
3.2.3 Zum Problem der systematischen Unterschätzung der erneuerbaren Energien	71
3.2.4 Schlussfolgerungen	75
3.3 Optionen der 100 %-Vollversorgung	76
3.3.1 Vorerörlegungen zur Methodik	76
3.3.1.1 Das Modell REMix des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt	76
3.3.1.2 Szenarien des SRU	82
3.3.1.3 Stromnachfrage	83
3.3.2 Potenziale der erneuerbaren Energieträger für die Stromerzeugung	84
3.3.2.1 Potenziale in Deutschland	84
3.3.2.2 Potenziale in der Region Europa-Nordafrika	87
3.3.3 Drei Szenariofamilien für eine regenerative Vollversorgung	89
3.3.3.1 Die theoretische Variante: eine rein deutsche regenerative elektrische Vollversorgung	89
3.3.3.2 Eine regenerative Vollversorgung im Verbund mit Norwegen und Dänemark	93
3.3.3.2.1 Nationale Vollversorgung mit ausgeglichener Export-Import-Bilanz	93
3.3.3.2.2 Nationale Versorgung mit einem zulässigen Nettoimport von 15 %	97
3.3.3.3 Eine regenerative Vollversorgung im Verbund Europa-Nordafrika	100
3.3.4 Schlussfolgerungen	105
3.4 Anforderungen an die Umweltverträglichkeit des Ausbaus von erneuerbaren Energien	108
3.4.1 Windenergie an Land	109
3.4.2 Windenergie auf See	110
3.4.3 Photovoltaik	112
3.4.4 Geothermie	113
3.4.5 Energetische Nutzung von Biomasse	114
3.4.6 Wasserkraft	117
3.4.7 Zusammenfassung	118
4 Der Weg: Zeitliche Sequenz der technischen Entwicklung und der notwendigen Entscheidungen	119
4.1 Aktuelle Stromnachfrage und Erzeugung	119
4.1.1 Gegenwärtige Energieversorgung	119
4.1.1.1 Primärenergiebedarf	119

	Seite
4.1.1.2 Endenergiebedarf	121
4.1.2 Stromnachfrage und Erzeugung	122
4.1.2.1 Derzeitige Stromnachfrage	122
4.1.2.2 Die notwendige Gleichzeitigkeit von Erzeugung und Nachfrage	122
4.1.2.3 Stromerzeugung und Außenhandel	123
4.1.2.4 Energieträgereinsatz in der Stromerzeugung	125
4.1.3 Der deutsche Kraftwerkspark	127
4.1.3.1 Fossil befeuerte Wärmekraftwerke	127
4.1.3.2 Kernkraftwerke	128
4.1.3.3 Elektrizitätserzeugung auf Basis erneuerbarer Energien	129
4.1.4 Übertragungsnetze	131
4.1.5 Treibhausgasemissionen	132
4.1.6 Ausblick: Kraftwerke in Bau und in Planung	133
4.2 Entwicklung des Kapitalstocks über die Zeit	134
4.3 Bedarfssenkung durch Effizienzsteigerung und Einsparung	139
4.3.1 Szenarien und Potenziale	139
4.3.2 Einsparung durch Effizienz als kostengünstige Brückentechnologie	141
4.4 Stromerzeugung aus regenerativen Energiequellen bis 2050	146
4.4.1 Übergangsszenario 2.1.a (509 TWh/a in 2050)	148
4.4.2 Übergangsszenario 2.1.b (700 TWh/a in 2050)	152
4.5 Ausbau der Energieinfrastruktur mit Netzen und Speichern	155
4.5.1 Begründung des Bedarfs	155
4.5.2 Speicher	156
4.5.3 Netze	166
4.6 Zukünftige Rolle von Grundlastkraftwerken	171
4.6.1 Die bisherige Elektrizitätsversorgung	171
4.6.2 Große Anteile erneuerbarer Stromerzeugung im System	171
4.6.3 Anforderungen an das zukünftige Elektrizitätssystem	173
4.7 Kosten des Entwicklungspfads	176
4.8 Fazit	181
5 Die europäische und deutsche Energie- und Klimapolitik und aktuelle energiepolitische Konflikte und Chancenstrukturen	185
5.1 Erneuerbare Energien im Durchbruch	185
5.2 Erneuerbare-Energien-Politik auf EU-Ebene	185
5.2.1 Einführungsphase bis 2001: Die erste Richtlinie im Schatten des Binnenmarktprogramms	185
5.2.2 Die Erneuerbare-Energien-Richtlinie von 2009: Durchbruch auf der Basis eines technologie-, energie- und klimapolitischen Gesamtansatzes	187

	Seite
5.2.3 Perspektive 2050: Erneuerbare Energien als Schlüsseltechnologie der Dekarbonisierung?	191
5.3 Erneuerbare-Energien-Politik in Deutschland	192
5.3.1 Erneuerbare-Energien-Politik vor 1998	192
5.3.2 Regierungswechsel 1998 als Wendepunkt	194
5.3.3 Aktuelle Akteurskoalitionen und Dekarbonisierungsstrategien auf nationaler Ebene	195
5.4 Internationale politische Ansätze für eine klimaverträgliche und nachhaltige Stromversorgung	198
5.5 Zusammenfassung und Ausblick	198
6 Elemente der Transformation	201
6.1 Grundlegende Herausforderungen	201
6.2 Weiterentwicklung der EU-Energiepolitik	202
6.2.1 Kompetenzverteilung zwischen der EU und den Mitgliedstaaten im Bereich der Energiepolitik nach dem Vertrag von Lissabon	202
6.2.1.1 Die Kompetenzlage außerhalb der neuen Energiekompetenz	202
6.2.1.2 Die neue Energiekompetenz der EU nach dem Vertrag von Lissabon	204
6.2.1.2.1 Die energiepolitischen Ziele, insbesondere des Artikels 194 Absatz 1 lit. c) AEUV	204
6.2.1.2.2 Die Handlungsermächtigung des Artikels 194 Absatz 2 AEUV	205
6.2.1.2.3 Das Einstimmigkeitserfordernis des Artikels 194 Absatz 3 AEUV	205
6.2.1.2.4 Das Verhältnis des Artikels 194 AEUV zu anderen Kompetenzen	205
6.2.1.3 Energieaußenpolitik	207
6.2.1.4 Bedeutung der neuen Energiekompetenz gemäß Artikel 194 AEUV	207
6.2.1.5 Modalitäten der Kompetenzausübung auf europäischer Ebene	207
6.2.1.6 Verbleibende Zuständigkeiten der Mitgliedstaaten	208
6.2.1.7 Ergebnis	209
6.2.2 Weiterentwicklung des energiepolitischen Rahmens durch die EU	210
6.2.2.1 Die Weiterentwicklung der europäischen Klimaschutzziele	211
6.2.2.2 Weitere Ausbauziele für die erneuerbaren Energien: Roadmap 2030	211
6.2.2.3 Subsidiarität in der Förderpolitik	213
6.2.2.4 Ausbau der europäischen Fernnetze	214
6.2.2.5 Ergebnis: Kernelemente einer europäischen Förderpolitik	217
6.3 Bi- und multilaterale Kooperationen	218
6.3.1 Auf dem Weg zu vernetzten Strommärkten	218
6.3.2 Optimierung der länderübergreifenden Kooperationen	220
6.4 Politische Anforderungen an eine Transformation hin zur regenerativen Vollversorgung	222

	Seite
6.4.1 Systementscheidung und Energiekonsens	222
6.4.2 Möglichkeiten und Voraussetzungen eines radikalen gesellschaftlichen Konsenses	223
6.5 Regionale und lokale Innovateure	225
7 Strategien und Instrumente zur Steigerung der Energieeffizienz	229
7.1 Herausforderungen für eine wirksame Stromsparpolitik	229
7.2 Effizienzpolitik neu ausrichten: Verbrauchsziel statt Einsparziel	231
7.3 Ambitionierte Effizienzpolitik ausgestalten	231
7.3.1 Energieeffizienzfonds	231
7.3.2 Weiße Zertifikate	232
7.3.3 Modellskizze für ein Stromkundenkonto	234
7.3.4 Produktstandards zur Mindesteffizienz	236
7.3.5 Energiemanagementsysteme	237
7.4 Fazit	237
8 Förderung von erneuerbaren Energien und Speichern	239
8.1 Zur Notwendigkeit einer Flankierung des Emissionshandels	239
8.1.1 Die grundsätzliche Funktionsweise des Emissionshandels	239
8.1.2 Prinzipielle Probleme eines Emissionshandelssystems im Stromsektor	240
8.1.3 Besonderheiten des Elektrizitätsmarktes	244
8.1.4 Zusammenfassung: Anforderungen an eine Flankierung des Emissionshandels im Stromsektor	248
8.2 Ein unvollkommener Emissionshandel – Probleme der Ausgestaltung	249
8.2.1 Emissionsziele	249
8.2.2 Überangebot an Zertifikaten in der zweiten Handelsperiode und deren langfristige Auswirkungen	251
8.2.3 Fehlentwicklungen aufgrund internationaler Projektmaßnahmen	253
8.2.4 Zusammenfassung und Reformvorschläge für einen effektiven Emissionshandel	253
8.3 Ergänzende ordnungs- und planungsrechtliche Instrumentierung zur Senkung von CO ₂ -Emissionen	256
8.3.1 Änderung des Bundesimmissionsschutzgesetzes (BImSchG)	256
8.3.1.1 Europarechtliche Zulässigkeit	257
8.3.1.2 Verfassungsrechtliche Grenzen	260
8.3.2 Klimaverträglichkeitsprüfung	260
8.3.2.1 Umweltverträglichkeitsprüfung	260
8.3.2.2 Strategische Umweltprüfung und Raumplanung	261
8.3.3 Ergebnis	262

	Seite
8.4 Instrumente zur Förderung eines kostenminimalen Einsatzes von erneuerbaren Energien	262
8.4.1 Kritische Würdigung des Erneuerbare-Energien-Gesetzes	262
8.4.2 Förderung der Offshore-Windenergie	267
8.4.3 Förderung der Stromerzeugung aus Biogas	273
8.4.3.1 Ziel 1: Lastfolgebetrieb	274
8.4.3.2 Ziel 2: Reststoffverwertung	276
8.4.3.3 Zusammenfassende Empfehlungen	277
8.4.4 Förderung der Solar- und der Onshore-Windenergie	277
8.4.4.1 Förderung der Photovoltaik	277
8.4.4.2 Förderung der Windenergie an Land	280
8.5 Akzeptanz für den Ausbau der erneuerbaren Energien	281
8.5.1 Förderung der Akzeptanz für regenerative Energieerzeugungsanlagen	282
8.5.2 Öffentlichkeitsbeteiligung bei Zulassungsverfahren von Anlagen zur Erzeugung erneuerbarer Energien	283
8.5.3 Gesellschaftlich-integrative Strategie: Kommunikation, Transparenz und substanzelle Beteiligung	284
8.5.4 Zusammenfassung	286
8.6 Anreize für den Speicherausbau	286
8.6.1 Ökonomische Anreize für Speicher im Strommarkt	287
8.6.2 Pumpspeicherung in Norwegen	290
8.6.3 Förderung in Deutschland	290
8.6.4 Zusammenfassung	293
9 Rahmenbedingungen des Netzausbaus	295
9.1 Ökonomische und wirtschaftsrechtliche Investitionshemmnisse ..	296
9.1.1 Das drohende Problem zu geringer Investitionen	296
9.1.2 Staatlicher Regulierungsbedarf des Übertragungsnetzausbaus ..	298
9.1.3 Verpflichtung zum Ausbau	299
9.1.3.1 Systemische und punktuelle Investitionspflichten	299
9.1.3.1.1 Punktuelle Ausbauansprüche	299
9.1.3.1.2 Systemische Investitionspflichten	300
9.1.3.1.3 Zwischenbilanz	301
9.1.4 Nationale und EU-rechtliche Investitionsplanungspflichten ..	301
9.1.5 Anreizregulierung und Investitionen	302
9.1.5.1 Zielkonflikt: Kosteneffizienz versus Netzausbau	303
9.1.5.2 Investitionsbudgets und Netzausbau	303
9.1.6 Instrumentierung des Übertragungsnetzausbaus	305
9.2 Planung und Genehmigung von Stromübertragungsnetzen	306
9.2.1 Bestehende rechtliche Regelungen zur Planung und Genehmigung von Stromübertragungsnetzen	306
9.2.2 Defizite der gegenwärtigen Ausgestaltung	311
9.2.3 Reformvorschläge	312

	Seite
9.2.3.1 Für eine Reform zu beachtende Eckpunkte	312
9.2.3.2 Ein moderates Reformszenario: bessere Koordinierung	314
9.2.3.3 Ein weitreichendes Reformszenario: Zweistufige Fachplanung	314
9.2.3.4 Verfassungsrechtliche Zulässigkeit der Reformvorschläge	316
9.2.4 Ergänzende Reformoptionen	317
9.2.4.1 Vollzugserleichterung durch materielle Vorstrukturierung von Abwägungsentscheidungen	317
9.2.5 Ergebnis	319
9.2.6 Planung und Genehmigung von Offshore-Kabelanbindungen	319
9.2.6.1 Gegenwärtige Rechtslage	320
9.2.6.1.1 Raumordnung und Naturschutz	320
9.2.6.1.2 Genehmigung	322
9.2.6.1.3 Netzanbindung gemäß § 17 Absatz 2a EnWG	322
9.2.6.2 Defizite	323
9.2.6.3 Reformvorschläge	323
9.3 Akzeptanz für den Netzausbau	324
9.3.1 Öffentlichkeitsbeteiligung beim Ausbau von Energieleitungen	324
9.3.2 Erdverkabelung als Akzeptanz fördernder Faktor	325
9.3.3 Gesellschaftlich-integrative Ansätze zur Förderung der Akzeptanz für den Stromnetzausbau	326
9.3.4 Zusammenfassung	327
10 Zusammenfassung und Empfehlungen	329
10.1 100 % erneuerbare Energien als Ziel der Energie- und Klimaschutzpolitik	329
10.1.1 Fragestellung des Sondergutachtens	329
10.1.2 Das Ziel: Klimaverträgliche und nachhaltige Strom- versorgung bis 2050	329
10.1.3 Das Mittel: 100 % Vollversorgung mit Strom aus erneuerbaren Energien ist möglich, sicher und bezahlbar	331
10.1.4 Der Weg: Signifikante Laufzeitverlängerung oder neue Kohlekraftwerke sind für den Übergang nicht nötig	333
10.2 Herausforderungen der Transformation	333
10.2.1 Neue Balance zwischen Markt, staatlicher Planung und gesellschaftlicher Partizipation	333
10.2.2 Neue Impulse der Effizienzpolitik	335
10.2.3 Weiterentwicklung der europäischen Klimapolitik und des Emissionshandels	335
10.2.4 Stabile und effiziente Ausbauförderung der erneuerbaren Energien	336
10.2.5 Sozialverträgliches und zuverlässiges Auslaufen des Betriebes konventioneller Kraftwerke	338
10.2.6 Beschleunigter Ausbau von Netzen	338

Inhalt

	Seite
10.2.7 Regionale Kooperation mit Norwegen und den Nachbarstaaten zur Nutzung von Pumpspeichern als Rückgrat der Versorgungssicherheit	341
10.2.8 Ausblick: Die weitere Europäisierung der Energie- und Klimapolitik	342
Literaturverzeichnis	343
Rechtsquellenverzeichnis	387
Einrichtungserlass	391
Publikationsverzeichnis	393